Aus dem
zahnärztlichen Institut der Universität Göttingen.
Stellvertretender Direktor: Privatdozent Dr. Rebel.

Brückenersatz bei schiefstehenden Pfeilern im menschlichen Kaumechanismus.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde

einer hohen medizinischen Fakultät der
Georg August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Karl August Spiess
Zahnarzt
aus Göttingen

Göttingen 1925.
Druck der Dieterichschen Universitäts-Buchdruckerei
(W. Fr. Kaestner).

Dissertation der Medizinischen Fakultät vorgelegt
am 15. Dezember 1924.

Referent: Privatdozent Dr. Rebel
Korreferent: Professor Dr. Stich.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die Zahnheilkunde, so alt als die Medizin selbst, war im Altertum ein Bestandteil der Medizin und Chirurgie. Ein Zweig derselben, die Zahnersatzkunde, wurde gesondert von der Zahnchirurgie betrieben und galt als Handwerk. Das Mittelalter war über den Stand der Zahnheilkunde im Altertum nicht hinausgekommen. Erst die Neuzeit bringt auf Grund der besseren Kenntnisse in allen Zweigen der Medizin auch für die Zahnheilkunde und nicht zuletzt für die Zahnersatzkunde einen ungeheueren Aufschwung. Einige Daten seien hier festgehalten:

1728 finden wir bei Fauchard in seinem ersten Lehrbuch für Zahnärzte die Uranfänge der Brückenarbeit. 1757 macht Bourdet als Erster auf den Wert der künstlichen Zähne für das Kauen aufmerksam und verlangt eine gute Artikulation, Leforgue (1803) gibt eine Art Plattenbrücke an, Delabarre (1820) Drahtklammerbrücken, Maury (1828) liefert ausgesprochene Brückenarbeiten.

1871 veröffentlicht Benjamin James Bing eine neue Methode des Brückenersatzes ohne Anwendung von Platten, Haken oder Klammern. Die künstlichen Zähne werden durch einen Metallbalken verbunden, dessen Enden in die Nachbarzähne einzementiert wurden.

Marshal H. Webb fügte statt der Fortsätze Stifte in die pulpalosen Nachbarzähne.

Williams, Litch und Carmichael kommen mit ihren Fensterkronen bezw. modifizierten Halbkronen den Anforderungen der Kosmetik entgegen. Im neuen Jahrhundert ermöglicht das Gußverfahren der Brückentechnik

die schwierigsten Methoden. Aber trotzdem bleiben die Mißerfolge nicht aus. Man hatte bis dahin die Gesetze der Statik und Mechanik beim Kauakte nicht ungestraft vernachlässigt. Hier mußte die exakte Arbeit der Wissenschaft Wandel schaffen.

Einer der ersten, die sich mit dem Problem der Bewegungen des menschlichen Kauapparates befaßten, war Bonwill (1885). Er entdeckte, daß die Gelenkköpfe des Unterkiefers während des Kauens nicht nur rotierten, sondern auch eine gleitende Bewegung machten. Demgemäß konstruierte er einen Artikulator mit horizontalen Gelenkbahnen, um die Bewegungen des Kiefers beim Kauakte nachzuahmen. Walker, Gysi und Bennet stellten nun genauere Untersuchungen an und konstruierten danach Artikulatoren mit S-förmigen Gelenkbahnen. Andere Autoren folgten und suchten diese Apparate immer mehr zu verbessern: Schwarze, Eltner, Christensen, Andresen, Grittmann, Schröder, Rumpel und neuerdings Eichentopf und Fehr.

Die praktische Lösung des Artikulationsproblems soll es uns ermöglichen, die Kaubewegungen des Unterkiefers möglichst genau wieder zu geben. Der Unterkiefer stellt ein räumlich sehr kompliziertes Gebilde dar. Wollen wir an diesem Beobachtungen und Messungen vornehmen, so können wir uns ihn wesentlich vereinfacht vorstellen, ähnlich wie der Physiker ein physikalisches Pendel in ein mathematisches verwandelt. Wir denken uns durch die beiden Kondylen und den Berührungspunkt der unteren mittleren Schneidezahnkanten eine Ebene gelegt und messen die Bewegungen dieses Dreiecks, des sogenannten Bonwill'schen, im Raume. Der Unterkiefer ist mit den drei Dreieckspunkten fest verbunden gedacht. Jeder Punkt beschreibt jetzt eine berechenbare Bahn. Das Prinzip der Artikulation ist es nun, diese Bewegungen zu reproduzieren. Würde man an den drei Ecken des Dreiecks Stifte anbringen, die in einem plastischen Material, z. B. Amalgam, die Be-

wegungsbahnen einzeichnen, so könnte man nach Erhärtung des Materials die Bewegung genau wiedergeben. Praktisch kommt dieser Forderung der Artikulator von Eichentopf entgegen. Hier werden die individuell verschiedenen Bewegungen des Kiefers beim Kauen in sogenannten Registriernäpfen festgelegt.

Vom Standpunkte des Praktiker aus betrachtet, hält Frank die weitere Suche nach Gelenkartikulatoren, die individuell arbeiten (andere gibt es ja schon genug!) für verfehlt. Dagegen dürften Versuche, die statischen Verhältnisse beim Kauakt noch besser aufzuklären, Ergebnisse zeitigen, die für die Zahnärzte äußerst wissenswert seien.

Welches sind nun die Gesetze der Statik, die wir bei Anfertigung eines Zahnersatzes nicht ungestraft übergehen dürfen?

Der Streit über die Frage, ob der Unterkiefer einen einseitigen oder zweiseitigen Hebel darstellt, soll hier übergangen werden. Wir folgen den Ansichten von Breuer, Köhler und Winkler. Danach ist der Unterkiefer als einseitiger Winkelhebel anzusehen, der sich um das Kiefergelenk dreht. Als Hauptbewegungen führt er Senkungen und Hebungen, verbunden mit ein- oder beiderseitigem Vor- und Zurückschieben aus. Beim Senken des Unterkiefers, beim Öffnen des Mundes, findet keine reine Drehbewegung statt, sondern der Unterkiefer wird gleichzeitig auf den schrägen Gelenkhöcker nach vorn und unten geschoben, beim Schließen des Mundes wird derselbe während der Drehung gleichzeitig zurückgeschoben, derart, daß das Gelenkköpfchen wieder in die Gelenkpfanne zu liegen kommt. Die Mahlbewegung spielt beim Menschen nur eine untergeordnete Rolle.

Die Kräfte, die diese Bewegungen auslösen, sind die Kaumuskeln. Bedeutende Kraftwirkungen werden beim Kauen ausgelöst. Der Unterkiefer wird hierbei an ein oder mehreren Stellen anf den Oberkiefer aufgedrückt. Der Hebel wird so in einen Träger verwandelt, dessen

Stützpunkte auf der einen Seite die Gelenke, auf der anderen Seite die Kaustellen bilden, und der zwischen diesen Stützpunkten durch die Muskelkräfte belastet ist.

Winkler berechnet die Größe dieser Muskelkräfte, indem er die Angaben Webers zu Grunde legt. Nach Weber können Muskeln eine Kraft von 10 kg pro qcm Querschnitt ausüben. So wäre die Größe der Kraft des Temporalis = 80 kg.; des Masseter = 70 kg.; des Pterygoid. int. = 30 kg.

Diese drei Muskeln greifen in der Kieferebene selbst in drei verschiedenen Richtungen an. Man berechnet daher ihre Resultanten und zwar die vertikale mit 160 kg, die horizontale mit 36 kg.

Beim Kauen in der Gegend des letzten Molaren, dessen Abstand vom Gelenk etwa 5 cm beträgt, ist demnach der Auflagerdruck oder Kaudruck infolge der vertikalen Kräfte $\frac{160 . 2{,}5}{5} = 80$ kg, in der Gegend der Schneidezähne (Abstand etwa 10 cm) $\frac{160 . 2{,}5}{10} = 40$ kg; und infolge der horizontalen Kräfte 36 kg bzw. 18 kg. Entprechend werden auch die Gelenkdrücke berechnet.

Die gesamten Kaudrücke sind somit $80 + 36 = 116$ kg am letzten Molaren und $40 + 18 = 58$ kg am mittleren Schneidezahn.

Die Kaudrücke ändern sich proportional ihrem Abstand vom Gelenk, sodaß wir bei den Schneidezähnen nur mit dem halben Kaudruck der Molarengegend zu rechnen haben.

Winkler berechnet auf dieselbe Weise sodann die Kaudrucke bei jedesmal verschiedener Annahme der Angriffspunkte und Richtungen der Muskelkräfte, kommt jedoch zu dem Resultat, daß dadurch nur unwesentliche Abweichungen vom wirklichen Ergebnis eintreten. Ein unsicherer Faktor bleibt nur die Größe der Muskelkraft selbst.

Morelli weist darauf hin, daß die Sensibilität des Periodontium dem Kaudruck seine Grenzen steckt. Rumpel unterstreicht noch die individuellen Unterschiede in Rücksicht auf Alter, Geschlecht und Rasse des Patienten. Auch sei es nicht gleichgültig, ob der Patient ein gutes Gebiß hat oder ob er im Gegenkiefer Ersatz trägt. Dementsprechend sind auch alle Versuche zu bewerten, den Kaudruck mit Hilfe von sinnreich erdachten Apparaten (Gnathodynamometer) praktisch zu messen. Zu welch verschiedenen Ergebnissen das führte, soll die folgende Zahl von Autoren vor Augen führen: Sauer 25 kg, Dennis 15—40, Black 20—135, Rosenthal 50, Siegmund 650, Wedelstädt 175, Schwander 15—100 und Eckermann 25—50 kg.

Einen ganz anderen Weg betreten Fick und Weber. Sie gehen von der richtigen Voraussetzung aus, daß die Muskelkraft nur von der Dicke, nicht auch von der Länge des Muskels anhängig ist. Die Kaumuskelkraft ist danach auf etwa 400 kg anzusetzen.

Die angegebenen Werte für die Größe der Kaukraft schwanken zwischen weiten Grenzen. Wir müssen uns also an die mittleren Werte halten.

Bei den Berechnungen Winklers wurde vorausgesetzt, daß die Okklusionsflächen eben sind, die Zähne in einer vertikalen Ebene liegen und der Oberkiefer ein festes passives Auflager bildet. Wie liegen nun die Verhältnisse in Wirklichkeit, wo obige Voraussetzungen nicht zutreffen? Auch hier ist der Statiker gezwungen, den komplizierten Bau des Kauapparates auf möglichst einfache Gebilde zurückzuführen, auch hier also nur angenäherte Werte!

Wären die Zähne vertikal gestellt und die Kauflächen horizontal, so würden die oben berechneten Kaudrucke in voller Größe einwirken. Die Molaren sind jedoch nach innen geneigt, besonders die letzten. Infolgedessen wird der vertikale Kaudruck in zwei Seitenkräfte zerlegt, von

denen die eine parallel der Neigung (Normalkraft), die andere senkrecht dazu (Tangentialkraft) verläuft. Wäre die Neigung des dritten Molaren etwa 1 : 3, so ergibt die Zerlegung der vertikalen Kraft im Parallelogramm der Kräfte:

für die Tangentialkraft = 35 kg.
für die Normalkraft = 110 „

Es entsteht also infolge der Molarenneigung eine geringe Abnahme des Kaudruckes. Genau so verhält es sich mit der Krümmung der Okklusionsebene in der Horizontalen (Spee'sche Kurve). Beide Male werden die Tangentialkräfte zum Zerren der Speisen ausgenutzt. Ferner werden die Normal- wie die Tangentialkräfte noch durch die Ausbildung der Höcker zerlegt und zwar so, daß auch hier die Kraftwirkung eine sehr zweckmäßige ist. Die Seitenkräfte lösen eine zermalmende und eine zerrende Wirkung aus. Letztere ist um so stärker, je steiler die Höcker sind, die, wie wir wissen, wiederum abhängig von der Neigung der Gelenkbahn sind. Freilich löst die überwiegende, zermalmende Seitenkraft im Unterkiefer ein Drehmoment nach innen aus, im Oberkiefer nach außen. Kompensiert wird dieses durch verstärkte Knochenanlagerung bzw. durch den sich entgegenstemmenden Jochbogen. Diesem darf man eine nicht geringe aktive Wirkung zuschreiben, ausgelöst durch den Masseter, der auf den Jochbogen wirkt wie eine Last auf einen bogenförmigen Träger (Gewölbe!). Diese Last ist nicht gleichmäßig verteilt sondern wird auf den vorderen Ansatz des Jochbogens, also in der Nähe des zweiten Molaren, stärker übertragen als auf den hinteren Ansatz über dem Gelenk. Es ist leicht verständlich, daß durch diesen Druck die oberen Molaren kräftig nach innen und unten gedrückt werden.

In diesem Zusammenhang mag Bluntschli's Theorie erwähnt werden. Er stellt fest, daß die Kauflächengröße der mahlzahnartig gebauten Zähne ihrer normalen physiologischen Tätigkeit gleichzustellen sei. Es sitzen demnach die größten Oberkieferzähne dort, wo sich der vordere

Jochbogendruck am stärksten geltend macht, also am ersten und zweiten Molaren.

Auch Morelli stellte bei seinen Messungen fest, daß der stärkste Druck nicht durch den letzten, sondern durch den zweiten Molaren ausgeübt wird. Diese Annahme scheint also doch berechtigt zu sein, um so mehr, als der Druck über dem dritten Molaren ja durch dessen Neigung stark vermindert wird.

Ähnlich sind die Wirkungen der Höcker auch in sagittaler Richtung. Die Zähne können je nach Lage des Kaudruckes überwiegenden Druck nach vorn oder hinten erhalten. Schädliche Formveränderungen, Verschiebungen der Zähne, können bei geschlossener Zahnreihe, jedoch nicht eintreten. Anders ist das bei Lücken, wo ein Wandern und Kippen der Zähne dadurch begünstigt wird.

Bei den Schneidezähnen liegt die Hauptkraft annähernd in der Richtung der Zahnachse; nur eine kleine Seitenkraft übt auf die oberen Zähne einen Druck nach außen, auf die unteren nach innen aus. Diese drehende Wirkung muß durch den Widerstand des Kieferknochens ausgeglichen werden, andernfalls würde sich der Zahn schräg stellen. Im Innern des Kieferknochens werden durch die bedeutenden Kaukräfte, genau wie in einem Balkenträger, Zug- und Druckspannungen erzeugt, die nicht ohne Einfluß auf die Struktur des Knochens selbst bleiben. Mit Hilfe der Röntgenphotographie haben Walkhoff und andere nachgewiesen, wie sich die Trajektorienzüge der Knochenbälkchen den Spannungen entsprechend anordnen. Seit Roux haben sich eine große Anzahl Autoren mit diesem Problem befaßt und damit der Medizin ein großes Gebiet, die Entwicklungsmechanik, erschlossen. Doch würde es uns zu weit führen, auf Einzelheiten näher einzugehen.

Wir haben gesehen, welche Rolle der Kaudruck im Gebiß des Menschen spielt, wie die Natur für den Ausgleich der Kräfte unter physiologischen Verhältnissen

sorgt. Wie aber, wenn unter gewissen Umständen dieser Kräfteausgleich nicht mehr vorhanden ist?

Der Kaudruck ist, nach Rumpel, der Ausdruck für die physiologische Tätigkeit des Gebißes als Organ. Er wirkt nur dann auf die Dauer als unschädlicher Schock, wenn das ganze Gebiß im Artikulationsgleichgewicht steht, mit anderen Worten nur dann, wenn die Zahnreihen völlig normal gebaut sind und normal okkludieren, ist das Gebiß imstande, die schädlichen Kaudruckskomponenten für die Dauer des Lebens zu kompensieren, sodaß durch den Kaudruck während dieses Zeitraumes keine pathologischen Erscheinungen ausgelöst werden.

Godon definiert: Das normale Gebiß steht im Artikulationsgleichgewicht oder Konstruktionsgleichgewicht, d. h. treffen die beiden Zahnreihen in normaler Okklusion zusammen, so sind die einzelnen Zähne durch ihren natürlichen Bau, ihr Widerlager im Kiefer, ihre Stellung zu einander in der Lage, die schädlichen Komponenten des Kaudruckes zu kompensieren, das Parallelogramm der Kräfte ist lückenlos geschlossen, Druck und Gegendruck heben sich auf, der Zahn steht in der Gleichgewichtslage.

Godon zeigt an Hand seiner Zeichnungen, wie man sich das Parallelogramm der Kräfte bei geschlossener Zahnreihe zu denken hat und wie die Wirkung ist, wenn durch Ausfall eines Zahnes das Artikulationsgleichgewicht gestört wird. Köhler erweitert diese Berechnungen, indem er darauf hinweist, daß außer der vertikalen Komponente, die den Zahn in die Lücke des verlorenen Antagonisten drängt, auch noch die horizontalen Komponenten berücksichtigt werden müssen. Liegt nämlich keine Berührung der Nachbarzähne vor, wie Godon ja voraussetzt, so würden diese Komponenten eine Tendenz zur Annäherung der beiden benachbarten Zähne zur Folge haben. Das Wandern eines solchen Zahnes wird noch begünstigt durch die im Innern des Kiefers (Träger!) vorhandenen Schubspannungen. Es überwiegt dabei nach Pfaff

außerdem die Richtung nach mesialwärts entsprechend der Abnahme des Kaudruckes von distal nach mesial.

Die Schäden durch den Verlust eines Zahnes können, wie Riechelmann betont, für das ganze Gebiß verhängnisvoll werden. Bei der Kippung des Nachbarzahnes tritt durch den nicht mehr gleichmäßig auf seine Kaufläche wirkenden Kaudruck eine abnorme Belastung ein. Die Wurzelhaut wird ebenfalls abnorm gereizt. Durch die Schiefstellung ist außerdem eine Retentionsstelle für Speisereste gegeben und damit die Gefahr der Karies heraufbeschworen. Die anderen Zähne erleiden eine entsprechende Mehrbelastung, die sich zur Überbelastung auswachsen kann. Die Folge ist Inaktivitätsatrophie auf der einen Seite, Alveolarpyorrhoe auf der anderen Seite, und schließlich kommt es zum Verlust aller Zähne.

Wir müssen uns bei der Anfertigung eines Ersatzes also zunächst darüber klar werden, wie wir, abgesehen von einer guten Artikulation, den Anforderungen des Kaudruckes gerecht werden. Wir sahen schon oben, daß die Kraftrichtungen des Kaudruckes den Bewegungen des Unterkiefers gegen den Oberkiefer entsprechen. Wir unterscheiden danach eine vertikale, eine horizontale oder sagittale und eine transversale Kandruckkomponente. Die horizontale Komponente tritt immer zusammen mit der vertikalen, die transversale mit der vertikalen und horizontalen auf. Im allgemeinen werden die Komponenten, die mit den Achsen der Zähne gleichgerichtet sind, die wenigsten Schäden ausrichten. Am schädlichsten wirken die horizontalen Komponenten, da sie bestrebt sind, den Zahn in seiner Alveole zu kippen.

Im normalen Gebiß werden die schädlichen Kaudruckkomponenten nach Rumpel folgendermaßen kompensiert:

1. Der vertikale Druck in der Hauptsache durch die Verteilung auf die 10 Backenzähne in jedem Kiefer, wenn wir die sechs Frontzähne als bei der Auf-

fangung des vertikalen Druckes so gut wie nicht beteiligt ansehen wollen.

2. Die sagittale Kaudruckkomponente wird kompensiert durch die lückenlose Aneinanderreihung der einzelen Zähne und die Schaffung eines Konzentrationslagers des Kaudruckes in der Gegend des ersten Molaren durch die Ausbildung der Okklusionslinie in einer leicht gebogenen Kurve.
3. Die transversale Komponente wird kompensiert durch die Neigung der oberen Backenzähne nach außen, der unteren nach innen, ferner durch die an den Endpunkten dieser Kraftlinien angebrachten Verstärkungen des Alveolarfortsatzes, im Oberkiefer in Gestalt des Prozessus zygomaticus, im Unterkiefer in Gestalt der Linea obliqua interna und externa.

Riechelmann zeigt, wie man die Bogen der Zahnreihe für die Kompensation der transversalen Komponente ausnutzen kann. Denn je weiter eine Brücke auf die andere Kieferseite übergreift, desto stärker wird der Widerstand gegen die transversale Komponente durch die in der Bogenform bedingte, natürliche Versteifung und gegenseitige Abstützung der Pfeiler.

Neben der Ausschaltung des Kippmomentes muß auch die Verteilung des vertikalen Kaudruckes erfolgen. Bei teilweisem Verlust der Backenzähne, die hauptsächlich den vertikalen Druck auffangen, können wir die Frontzähne durch entsprechende Versteifung mit heranziehen, sodaß ein Ausweichen in horizontaler Richtung unter dem vertikalen Kaudruck verhindert wird. Schädlich wirkt der Kaudruck in jedem Falle, wo die Brückenpfeiler überbelastet sind.

Die Überlastung tritt, nach Wustrow, immer dann ein, wenn die Belastung der Pfeiler sich zu einer Höhe erhebt, die das Doppelte der „urnatürlichen Belastung“ der Pfeiler übersteigt.

Wustrow berechnet diese für jeden einzelnen Zahn und stellt danach Tabellen auf, die bei Anfertigung von Brücken schnell über die Größe der zu erwartenden Belastung Aufschluß geben sollen.

Eine Hauptforderung im Brückenbau ist es, daß die Brücke in der Horizontalebene möglichst gerade gebaut ist, da sonst ein Kippmoment nach außen ausgelöst wird. Eine Brücke von einem Eckzahn zum anderen, der natürlichen Bogenform der Zahnreihe angepaßt, wird erheblich mehr beansprucht, als es bei einer geraden Brücke der Fall wäre. Bei dieser fällt die Wirkung der vertikalen Kaukraft fast ganz in die Richtung der Längsachse des Pfeilers, bei der bogenförmige Brücke aber wirkt ein erheblicher Kaukraftteil im Sinne der horizontalen Kompomenten, die ihrerseits schon ein beträchtliches Moment nach außen auslösen. Bei der geraden Form wirkt jedoch nur ein kleiner Bruchteil der transversalen Kraft im Sinne einer Kippung nach außen, die horizontale garnicht, sondern sie äußerst sich nur in rein vorwärts drängender Bewegung. Natürlich ist es nicht immer möglich, die Forderung der Geraden streng durchzuführen.

Unabhängig davon ist die Bogenform in der Vertikalebene. Hier ist keine Gerade nötig, im Gegenteil, eine Vernachlässigung der Spee'schen Kurve würde uns in Konflikt mit der Artikulation bringen.

Die Artikulation selbst kann man außerdem noch bei der Wirkung der Momente durch entsprechende Ausbildung der Kaufläche ausnutzen. Wir sahen oben, daß im normalen Gebiß infolge der Höckerbildung im Oberkiefer ein Kippmoment nach außen, im Unterkiefer nach innen eintritt, welches die Natur zu kompensieren versucht. Für Brücken könnten diese Momente verhängnisvoll werden. Abflachung des Wangenhöckers und stärkere Ausbildung des Zungenhöckers der oberen Mahlzähne bewirken eine Erhöhung der konzentrischen Druckwirkung im Oberkiefer. Im Unterkiefer verfährt man ganz entsprechend.

Sobald wir es mit schiefstehenden Brückenpfeilern zu tun haben, ändern sich die Verhältnisse. Es wurde oben schon erwähnt, wie leicht ein Zahn seine natürliche Stellung infolge der veränderten Kraftwirkungen verliert, wenn durch Verlust des Nachbarzahnes eine Lücke in der Zahnreihe entstanden ist. Am häufigsten finden wir dann eine Kippung bezw. Wanderung nach mesial. Sind wir vor die Aufgabe gestellt, einen solchen Zahn als Brückenpfeiler zu verwerten, so müssen wir den veränderten Kraftverhältnissen Rechnung tragen. Die Angriffsfläche der Kaukraft ist sozusagen verkleinert denn während vorher die Kaufläche fast ganz ausgenutzt werden konnte, ist die Wirkung jetzt so, als wenn nur ihre Projektion auf die zur Bewegungsrichtung senkrechte Fläche getroffen wäre.

Hielten sich vorher die Kräfte das Gleichgewicht, so vermindert sich jetzt die Widerstandskraft des gekippten Zahnes proportional dem Neigungswinkel. Die in der Längsache des Zahnes wirkende Widerstandskraft wird in zwei Komponenten zerlegt, von denen nur die in der Richtung der einwirkenden Kraft liegende vertikale Komponente zur Kompensierung in Frage kommt, während die horizontale Komponente verloren geht. Auf den Zahn selbst wird ein Kippmoment ausgelöst, das mit der Größe des Neigungswinkels zunimmt. Diese Wirkungen müssen wir besonders in den Fällen berücksichtigen, wo wir eine Brücke mit beweglicher Verankerung herzustellen haben (Boitel'sche Brückenverankerung). Es dürfen hier, genau so wie bei einem Träger mit einem beweglichen Auflager (Rollenlager), nur senkrechte Auflagerdrücke auftreten, andernfalls wird ein Moment ausgelöst. Wüßte man die genaue Größe der Kaukraft an dieser Stelle, so könnte man mit Hilfe des Momentensatzes die Größe des Momentes berechnen.

Legen wir doch einmal die von Wustrow aufgestellten Kaueinheiten für die Zähne unserer Berechnung

zu Grunde! Zunächst sei die Tabelle der Krafteinheiten wiedergegeben:

im Oberkiefer

1	=	3,09 Krafteinheiten
2	=	2,41 „
3	=	3,50 „
4	=	5,69 „
5	=	5,69 „
6	=	9,44 „
7	=	8,56 „
8	=	6,5 „

im Unterkiefer

1	=	1,89 Krafteinheiten
2	=	2,24 „
3	=	3,07 „
4	=	5,69 „
5	=	5,69 „
6	=	10,28 „
7	=	9,44 „
8	=	8,56 „

Angenommen, es solle eine Brücke im Oberkiefer angefertigt werden, die vom Eckzahn bis zum ersten Molaren reicht. Die „urnatürliche Belastung“ der Brückenglieder würde, wenn wir der Berechnung die abgerundeten Werte der Wustrow'schen Tabelle zugrunde legen, die folgende Größe haben:

3	=	3,5
4	=	5,5
5	=	5,5
6	=	9,5
SP	=	24

Die Summe sämtlicher Belastungen, der die Brücke ausgesetzt ist, beträgt also 24 Einheiten.

Wir sollen nun berechnen, wie groß die Auflagerdrücke am Eckzahn (A) und am ersten Molaren (B) sind und wie

diese sich ändern, wenn wir annehmen, der Molar habe sich um 30 % nach mesial geneigt.

Der Einfachheit halber nehmen wir an, daß die einzelnen Brückenglieder um je eine Längeneinheit voneinander entfernt seien. Soll Gleichgewicht der Kräfte herrschen, so muß die Summe der Belastungen die gleiche Größe haben wie die der Auflagerdrücke, also $SP = A + B$. Ferner muß die Summe der Momente bezogen auf einen beliebigen Drehpunkt gleich O sein, also $SM = O$.

Aus diesen beiden Gleichungen können wir die Auflagerdrücke A und B berechnen. Bei der Momentengleichung nehmen wir zur Bestimmung des Momentes bei A den Punkt B als Drehpunkt an, zur Bestimmung von B den Punkt A.

$$SM = O$$

$$A \cdot 5 + 3{,}5 \cdot 4 + 5{,}5 \cdot 3 + 5{,}5 \cdot 2 + 9{,}5 = O$$

$$A = \frac{14 + 16{,}5 + 11 + 9{,}5}{5} = \frac{51}{5} = \mathbf{10{,}2}$$

$$B \cdot 5 + 9{,}5 \cdot 4 + 5{,}5 \cdot 3 + 5{,}5 \cdot 2 + 3{,}5 = O$$

$$B = \frac{38 + 16{,}5 + 11 + 3{,}5}{5} = \frac{69}{5} = \mathbf{13{,}8}$$

Macht man die Probe, so setzt man die gefundenen Werte für A = 10,2 und B = 13,8 in die erste Gleichung ein.

$$A + B = SP$$

$$10{,}2 + 13{,}8 = 3{,}5 + 5{,}5 + 5{,}5 + 9{,}5$$

$$24 = 24$$

Nehmen wir nun eine Neigung des Molaren um 30 % an, so vermindert sich der Auflagerdruck bei B entsprechend, der bei A wird sich um dieselbe Höhe vergrößern müssen, wenn die entgegengesetzten Kräfte sich weiterhin das Gleichgewicht halten sollen.

$$B_1 = B \cdot \cos 30^0 = 13{,}8 \cdot 0{,}86 = \mathbf{11{,}8}$$

$$A_1 = SP - B_1 = 24 - 11{,}8 = \mathbf{12{,}2}$$

Zum Vergleich stellen wir die gefundenen Werte für

die Auflagerdrücke der Brücke einander gegenüber:

A = 10,2	B = 13,8
A_1 = 12,2	B_1 = 11,8

Der Eckzahn müßte also bei geneigtem Molaren ein Mehr von 2 Krafteinheiten mit übernehmen. In diesem einfachen Falle könnten wir dem Eckzahn diese Überlastung vielleicht noch zutrauen. Auch müssen wir ja berücksichtigen, daß die von Wustrow errechneten Kaukrafteinheiten keine absolut richtigen Werte sind. Aber es könnte sich rächen, wenn wir den Schiefstand der Pfeiler besonders in dem Falle unberücksichtigt lassen, wo wir hart an der Grenze der Belastungsmöglichkeit überhaupt stehen. Wir müssen uns dann nach irgendeinem Weg zur Entlastung umsehen. Das könnte z. B. geschehen in Form eines Entlastungsbügels oder auch durch bewegliche Verankerung, je nachdem wir die eine oder andere Komponente ausgleichen wollen. Im obigen Falle wäre bei fester Brückenverankerung für Kompensation der horizontalen Komponenten schon gesorgt, da der Brückenkörper selbst die Versteifung darstellt. Das schädliche Kippmoment wir in ein der Längsachse des Zahnes parallel gerichtetes, also unschädliches, Schubmoment verwandelt. Bei der beweglichen Verankerung (Boitel) ist das nicht der Fall, da diese Verankerung eine Bewegung in der Horizontalen zuläßt. Daß man sich hüten muß, durch falsche Konstruktion derartiger Verankerungen auch noch unbeabsichtigte Wirkungen der vertikalen Komponente auszulösen, wurde oben schon erwähnt. Bestimmend für die Ausbildung des Zapfens und seines Auflagers muß die Richtung der Zahnachse sein. Wenn jedoch der Zapfen nicht eben ausgebildet wird, sondern kugelförmig, so können Drücke in jeder Richtung vom beweglichen Lager aufgenommen werden. Köhler empfiehlt, für diesen Fall nur solche Pfeiler zu benutzen, die diesen Anforderungen gewachsen sind, vor allem die bewegliche Verankerung auf den schwächeren Zahn zu verlegen.

Im folgenden sollen uns nun die technischen Schwierigkeiten beschäftigen, mit denen man beim Brückenbau auf schiefstehenden Pfeilern zu rechnen hat, wenn die Divergenz der Pfeiler ohne zu starke Schwächung durch Beschleifen nicht mehr ausgeglichen werden kann. Bei den meisten Brückenarten überwindet man diese Schwierigkeiten dadurch, daß man die Brücke aus zwei Teilen herstellt und in zwei Zeiten im Munde des Patienten befestigt. Die Verankerung der Teile erfolgt auf die verschiedenste Art und Weise: Zapfen, Scharniere und Schrauben sind die beliebtesten Hilfsmittel der meisten Systeme. Die einen Autoren bevorzugen die Arten, die vom Patienten herausgenommen werden können, die anderen die nur vom Zahnarzt abnehmbaren.

Sie alle haben vor den festsitzenden Brücken den Vorteil einer guten Reinigungs- und Reparaturmöglichkeit voraus. Aber sie haben auch manche Nachteile, über die später noch mehr gesagt werden wird.

Es sollen nun zunächst die Arten von Brücken beschrieben werden, die mittels einer Zapfenführung an den Pfeilern verankert werden.

Parr läßt zu diesem Zwecke einen Draht in den Brückenkörper ein, der an dem einen Ende rund bleibt, an dem anderen aber vierkantig geklopft wird. Die beiden Enden werden so abgebogen, daß sie in zwei entsprechend geformte Röhren geschoben werden können, die ihrerseits parallel zueinander an den überkappten Pfeilern angelötet wurden. Die Brücke ist also vom Patienten abnehmbar. Das hat freilich den Nachteil, daß sich die Zapfen bei längerem Gebrauch ausleiern werden. Um dem zu begegnen, kann man sie ein wenig auseinander biegen, sodaß sie durch die Federkraft des Metalls den Brückenkörper festhalten. Zu stark darf die federnde Wirkung auch nicht sein, da die Pfeiler dadurch auseinander gedrängt und gelockert werden können. Preiswerk schlägt deshalb vor, die Drahtenden durch Ein-

schnitte in federnde Stifte zu verwandeln. Trotzdem wird man ein Ausleiern der Scharniere auf die Dauer nicht verhüten können. Besser ist es, wenn man eine andere, ebenfalls von Parr ersonnene Methode wählt. Er bringt an die Kronen massive Zapfen so an, daß sie senkrechte parallele Flächen bilden. Sie haben die Form eines Schwalbenschwanzes und passen genau in ebensolche Vertiefungen, die an dem Brückengliede angebracht sind. Parr beschreibt auch eine Methode, diese Ansätze exakt schließend herzustellen. Zwei gleich breite Stückchen Blech werden schwalbenschwanzförmig übereinander gebogen. Das innere, kleine wird innen mit Lot ausgeschwemmt, das äußere von außen mit Lot versteift. Das kleine massive Stückchen wird nun an die Kronen gelötet, das größere über diesen Zapfen geschoben, das Mittelstück daran modelliert und später mit ihm verlötet. Man kann auch umgekehrt mit ihm verfahren: den Zapfen an das Mittelstück löten und das Kästchen an den Pfeiler.

Ähnlich verfährt Condit. An die Krone des Pfeilers lötet er eine Hülse, an das Mittelstück einen Federstift. Oder er schneidet die Hülse auf, sodaß sie zu einer federnden Tube wird, in das ein solider Stift geschoben wird.

Morgans verankert das Mittelstück, indem er ein zweiflügelig gebogenes Blech an die Krone lötet, in das ein zweiarmiger Anker greift.

Noch einfacher verfährt man, wenn man die Verankerung mittels einer Einlage vornimmt. Man präpariert den einen Pfeiler so, daß man einen Kasten in die Krone schneidet, dessen Wände dem zweiten Pfeiler parallel verlaufen müssen.

Für diesen Kasten passend gießt man ein Inlay und verlötet es mit dem Brückenkörper oder man gießt beides in einem Stück. Das Inlay kann in einer natürlichen oder auch in einer gegossenen Krone verankert werden.

Litch verwendet diese Methode im Zusammenhang mit einer anderen, die er besonders für Eckzähne empfiehlt.

Er überkappt die Wurzel und lötet einen ziemlich starken Zapfen darauf. Die Eckzahnfacette erhält einen Halbring, der beim Einsetzen über den Zapfen geschoben und festzementiert wird.

Erwähnt sei in diesem Zusammenhang eine einfache Brücke nach Herbst. Statt der Kappen legt er Ringe um die Pfeiler, die noch durch Anbringen kleiner Reiter unterstützt werden sollen. Der einzige Vorteil dieser Brücken ist der, daß sie schnell und einfach herzustellen sind. Besser wäre es schon, man verwendete statt der Ringe sogenannte Sattelklammern, wie sie Riechelmann angibt. Er fertigt eine Krone mit gegossenem Deckel, in den beim Modellieren ein schwalbenschwanzförmiger Ausschnitt mit senkrechten Wänden ausgespart wurde. Um die fertige Krone wird eine Bandklammer gebogen, an welche die Aussparung der Kaufläche angegossen wird. Diese Klammer wird mit der Brücke verlötet. Der Vorteil liegt darin, daß der Sattel beim Biß ein Hinabgleiten der Klammer auf das Zahnfleisch verhütet und den Kaudruck auf die ganze Krone überträgt. Die Klammer soll den Zahn so weit umfassen, daß ein Ausweichen nach irgend einer Seite unmöglich wird. Die Lagerung des Sattels ist gleichgültig. Ist der Zahn kein Endpfeiler, sondern ein Mittelpfeiler, so läßt man den Zapfen über die ganze Kaufläche übergreifen. Riechelmann bezeichnet diese Art als Quersattelklammer.

Leger-Dorez hat eine ähnliche Methode. Er gießt einen Ring, der die natürliche Krone genau umschließt, und läßt ihn nach dem Mittelstück zu in einen starken Zapfen auslaufen. Durch diesen bohrt er in horizontaler Richtung ein Loch und durchtrennt ihn in vertikaler Richtung, sodaß wir die nun offene Klammer auseinanderbiegen können. Durch die Löcher der Zapfen steckt er einen Stift und modelliert daran das Mittelstück, das nun zugleich mit dem Zapfen von dem Stift durchbohrt ist. So wird es dann gegossen. Der Ring wird auf den

Pfeiler festzementiert, indem man die Fortsätze von unten mit einer Pinzette zusammenhält. Dann setzt man das Mittelstück ein und führt durch die Löcher von bukkal nach lingual einen Stift oder eine Schraube, wodurch gleichzeitig Ring und Mittelstück festgehalten werden.

Eine zweckmäßige Art der Verschraubung des Brükkenpfeilers mit dem Mittelstück gab Winder an. Er überkappt die Pfeiler und läßt Röhrengewinde in diese senkrecht hinein. Die Kaufläche der Pfeiler wird zugleich mit der Brücke gegossen. Genau über der Gewinderöhre des Pfeilers wird ein Loch in die Kaufläche gebohrt, durch welches eine Schraube gesteckt und mit dem Pfeiler fest verschraubt wird. Die Brücke kann also vom Zahnarzt, nicht aber vom Patienten selbst abgenommen werden.

Um dem Ausleiern der Schrauben vorzubeugen, wandte Trost die sogenannte indirekte Verschraubung an. Der Kronenstumpf wird mit einer Kappe versehen und ein kräftiger Zapfen darauf gelötet. An das Mittelstück wird eine starke Kaufläche gegossen und in die Mitte zur Aufnahme des Zapfens ein Loch gebohrt. Die Befestigung von Zapfen und Kaufläche geschieht nun derart, daß eine lange dünne Schraube quer durch Deckel und Zapfen geführt wird.

Lepkowski vereinfachte das Schraubensystem. Da es meist sehr schwierig ist, die Schrauben in die Wurzeln zu versenken, brachte er mit Gewinden versehene Röhren von außen an die Pfeilerkronen an. Ebenfalls war das Mittelstück mit einer Gewinderöhre versehen, das durch eine Schraube mit der Hülse des Pfeilers verschraubt wurde. Das Prinzip ist wohl dasselbe wie bei Parr's System, nur daß an Stelle der einfachen Zapfen kräftige Schrauben treten und dadurch nur vom Zahnarzt abgenommen werden können.

Um der Befestigung durch Schrauben aus dem Wege zu gehen, kann man die Methode von Starr anwenden. Die Pfeiler werden wiederum mit Kappen versehen. An

das Zwischenstückchen wird eine Krone gelötet, die über die Kappe paßt und sie etwa bis auf halbe Höhe bedeckt. Als Befestigungsmittel dieser Krone nimmt Starr Guttapercha. Das hat den Vorteil, daß die Brücke nach Erwärmen mit einem heißen Instrument leicht abgenommen werden kann. Ob aber dieser Vorteil die bekannten Nachteile der Guttapercha überwiegt, dürfte dahingestellt bleiben.

Bei starker Neigung des Stützpfeilers entsteht allerdings bei dieser Methode ein dreieckiger Zwischenraum zwischen Pfeiler und Mittelstück, indem sich leicht Speisereste festsetzen können. Riegner und Aschkowitz ersetzen diesen Zwischenraum dadurch, daß sie einen entsprechend geformten Goldkörper an die Kappe löten. So wird gleichzeitig die eine schräge Wand des Pfeilers senkrecht. Durch diese künstlich geschaffene Konvergenz des Stumpfes läßt sich nun leicht die Krone darüber schieben.

Hier mag auch noch die recht leicht gebaute Herbstsche Kapselbrücke kurz erwähnt werden. Sie ist im Grunde genommen nur eine einzige Riesenkrone und hat den Vorteil, daß nur wenig von der Kronenhöhe des Pfeilers geopfert werden muß und daß sie leicht wieder entfernt werden kann.

Einen ganz anderen Weg hat Bock eingeschlagen. An die Molarenkrone gießt er einen Ansatz, der von bukkal über mesial nach lingual verläuft. Dieser muß so kräftig sein, daß er eine massive Gabel aufnehmen kann, die an das Mittelstück angegossen ist. Die beiden Teile müssen so genau schließen, daß eine Bewegung möglichst ganz ausgeschaltet wird. Man könnte außerdem an der Gabel noch Stifte anbringen, die in entsprechende Löcher des Ansatzes gleiten. Die Brücke liegt dadurch unverrückbar fest im Munde des Patienten.

Von dem Gedanken ausgehend, daß jeder Zahn bis zu einem gewissen Grade eine physiologische Beweglichkeit besitzt, die durch unsere Methoden der festen Ver-

ankerung der Brücken an den Pfeilern gehemmt wird, verlangen französische Autoren die bewegliche Verankerung. Touvet-Fanton hatte bereits für Stiftzähne einen Drehstift, Pivot à Rotule, erfunden, dessen kugelartig verdicktes Ende in einer Gelenkkapsel beweglich war. Beim Einsetzen in eine schiefe Wurzel konnte sich also der Stift dem Wurzelkanal anpassen.

Boitel bediente sich der Gleitbahnebene im Ankerzahn. In die Kaufläche des Pfeilers wird eine glatte Ebene modelliert, auf der ein Fortsatz des Mittelstückes zu liegen kommt, sodaß ein gewisser Spielraum der beiden Teile gegeneinander möglich ist. Wir haben schon oben gesehen, daß wir dies bewegliche Widerlager mit einem Rollenlager im Brückenbau vergleichen können.

Steinberg geht bei Konstruktion derartiger Brücken noch erheblich weiter. Er will das Mittelstück so konstruiert wissen, daß „die Stützzähne trotz der Belastung ihre Bewegungsfreiheit bei Funktion, bei relativer Ruhe ihre Erholungsfreiheit beibehalten."

Die Brücke soll eine minimale Beweglichkeit in allen möglichen Kaukraftrichtungen besitzen, sodaß sie von den einwirkenden Kräften getroffen den Stützzahn durch ihre Nachgiebigkeit in jeder Richtung verschont. Die Brücke besteht aus drei Teilen, den zwei Stützpfeilern und dem Mittelstück. An den Stützpfeilern ist je eine Gelenkpfanne angebracht, in welche die an den Enden des Mittelstückes angebrachten Gelenkteile genau hineinragen. Das eine Gelenk ist ein kolbenartiges, das andere ein keilförmiges Beim kolbenartigen Gelenke besitzt die Pfanne die Versenkung in Gestalt eines Zylinders, der 2—3 mm tief und am Boden konkav ist. Am korrespondierenden Ende des Mittelstückes wird ein Zapfen modelliert, der in die Pfanne genau hineinpaßt. Das keilförmige Gelenk besteht aus zwei Teilen und einem Riegel. Der Teil am Stützpfeiler erhält eine U-förmige Vertiefung, in die ein entsprechender Keil an dem Mittelstück so modelliert wird, daß das Ende

des Mittelstückes zugleich die keilförmige Pfanne des Pfeilers umfaßt. Nachher wird durch die beiden Teile dieses Keilgelenkes ein Riegel von bukkal nach mesial durchgesteckt. Steinberg beschränkt diese Art von Brücken aber von vornherein auf kleineren Ersatz in der Molarengegend.

Ob es überhaupt nötig ist, zu derart komplizierten Systemen seine Zuflucht zu nehmen, ist doch noch sehr die Frage. Der Gedanke, den Zähnen möglichst ihre physiologische Beweglichkeit zu erhalten, ist sicher wichtig. Aber sind die Schäden durch starre Verbindung der Pfeiler wirklich so groß? Oft genug lesen wir, daß derartige Brücken jahrelang ohne die geringsten pathologischen Veränderungen getragen wurden. Im Gegenteil, oft wirkt eine starre Verbindung auf schon erheblich gelockerte Pfeiler wie eine Schiene, wie wir sie zur Feststellung gelockerter Zähne bei Alveolarpyorrhoe verwenden. Auch dürfen wir nicht die Fähigkeit der Natur unterschätzen, daß sie sich den veränderten Bißverhältnissen — natürlich in ihr gesteckten Grenzen — anpassen wird. Die Orthodontie kennt eine Fülle von Beispielen dieser Art. Sorgen wir also dafür, die Natur hierin zu unterstützen. Das kann einmal dadurch geschehen, daß wir uns bei der Anfertigung einer Brücke über die mögliche Belastungshöhe der Pfeiler klar werden, das andere Mal, daß wir die richtige Wahl der Methode treffen. Sehr viel hängt dabei vom Zustand der Pfeilerzähne ab. Dieser Punkt wird meist den Ausschlag für die Art des Ersatzes geben müssen.

Andrerseits ist auch den Verhältnissen im Gegenkiefer Rechnung zu tragen. Ist hier eine Lücke in der Zahnreihe oder trägt der Patient schon eine Prothese, so ist die Kaukraft nach den Messungen verschiedener Autoren erheblich herabgesetzt. In dem Falle würde auch ein schwacher Brückenpfeiler den Wirkungen des Kaudruckes gewachsen sein.

Nach der Untersuchung des Gesundheitszustandes des gesamten Gebisses wenden wir uns den im ersten Teil unserer Arbeit besprochenen Fragen der Artikulation und Belastungsarten zu. Villain faßt die sieben wichtigsten Punkte so zusammen:

1) Größe und Form der verschiedenen Zähne
2) Bewegungen des Unterkiefers
3) Die Kurvenlinien der Artikulation
4) Richtung oder Neigung der großen Achse der Zähne
5) Die Beziehungen der Kondylen zueinander und zum Kieferbogen
6) Neigung der Kondylenbahn
7) Artikulation der Zähne, Neigung der Höckerflächen, Höhe, Niveau und Durchmesser der Höcker.

Aus diesen Eigenschaften setzen sich die Gesetze der Artikulation zusammen. Individuell oft sehr verschieden müssen wir auf sie unsere Aufmerksamkeit lenken bei der Wahl der Brückenart wie bei der technischen Herstellung. Nur so können wir dem Patienten mit gutem Gewissen Ratschläge geben, nur so über die Haltbarkeit Voraussagen machen.

Betrachten wir uns nach allen diesen Gesichtspunkten die oben angeführten Methoden, so hat die Gruppe der Zapfenbrücken — wenn man sie unter diesem Namen zusammenfassen darf — den einen Fehler gemeinsam, daß die Zapfen bzw. Scharniere dem beträchtlichen Kaudrucke oft nicht gewachsen sind. Da die Brücken von Parr, Condit und Morgans außerdem vom Patienten abnehmbar sind, so kann es mit der Zeit nicht ausbleiben, daß sich die Scharniere ausleiern. Immerhin hat die Abnehmbarkeit außer einer guten Reinigungsmöglichkeit den Vorteil einer leichten Reparatur.

Die Methode, wobei der Zapfen in Form eines Inlay in den Stützpfeiler versenkt wird, ist bei kleinen Brücken wohl zu empfehlen. Bei größeren würde nicht nur die Gefahr eines Bruches, sondern auch die der Lockerung des

Inlays groß sein. Zugleich würde dadurch eine Prädilektionsstelle für Caries geschaffen. Das gilt bis zu einem gewissen Grade auch für die Brücken nach Litsch.

Die einfache Brücke von Herbst dürfte wohl kaum einer ernsthaften Kritik standhalten, selbst wenn die Ringe gut anliegen oder durch Reiter unterstützt werden. Bettinghaus empfiehlt sie bei besonders nervösen Patienten oder solchen, die über keine größeren Kaumuskelkräfte verfügen. Auch könnten sie wegen ihrer raschen Herstellung aus mancher Verlegenheit helfen. Immerhin sollten sie nur als Provisorium dienen, da sich die Ringe selbst bei geringem Kaudruck sehr bald dehnen werden. Besser ist schon die Modifikation nach Riechelmann. Die Klammer wird hier durch ein kräftiges Inlay gestützt, das den Kaudruck auf den Stützpfeiler übertragen soll. Aber ob das Inlay allen Anforderungen des Kaudruckes gewachsen sein wird, kann nicht ohne weiteres vorausgesagt werden. Der Vorteil der Verankerung des Inlays liegt darin, daß es in den gegossenen Kronendeckel eingelassen werden kann. Die Gefahr der Karies ist dadurch abgewendet. Das ist nicht der Fall bei der Methode nach Léger-Dorez. Sie hat zwar den Vorteil, daß wir die Krone nicht beschleifen brauchen. Aber selbst wenn für genaue Anpassung des Ringes an die Krone durch das Gußverfahren gesorgt ist, wird sich der Ring mit der Zeit unter größerer Belastung dehnen und am Pfeilerzahn scheuern. Verletzung des Schmelzes und Retentionsstellen für Caries sind der Anfang des sicheren Unterganges des Pfeilers.

Das System der Verschraubung der Brückenteile stellt an die Pfeilerzähne ganz besondere Anforderungen. Nicht jeder Zahn wird stark genug sein, Schraube und Gewinderöhre aufnehmen zu können. Und vor einer allzu großen Schwächung der Pfeiler müssen wir uns sehr hüten. Aber sonst sind diese Brücken äußerst stabil und werden von den verschiedenen Autoren empfohlen. Einer Lockerung

der Schrauben durch die Wirkung des vertikalen Kaudruckes kann man durch Anwendung der indirekten Verschraubung nach Trost aus dem Wege gehen. Dies System hat den Nachteil, schreibt Bettinghaus, daß es großer manueller Geschicklichkeit bedarf, die Schrauben in die letzten Zähne zu legen, da die Wange in den meisten Fällen hinderlich sein wird.

Eine geeignete Methode ist gewiß Starrs System; das Riegner speziell für unsern Zweck modifizierte. Nur bei sehr starker Divergenz der Pfeiler werden wir auf Schwierigkeiten stoßen, den Goldansatz so anzubringen, daß er den Speiseresten keinen Schlupfwinkel bietet. Die Vorteile dieser Art liegen, nach Aschkowitz, darin, daß wir vom Pfeiler so gut wie nichts abzuschleifen brauchen, zweitens, daß wir eine wirklich festsitzende — fixe — Brücke haben, und drittens, daß außer der natürlichen Verminderung der Widerstandskraft des Zahnes infolge der Neigung bei dieser Konstruktion kein neues Moment ausgelöst wird.

Bocks Methode hat neben der Einfachheit der Ausführung noch die solide Art der Konstruktion für sich. Mit Hilfe der Gußtechnik lassen sich die beiden ineinandergreifenden Teile genau schließend gestalten. Eine Bewegung in der vertikalen und Transversalen ist dadurch kaum möglich. Das Kippmoment des Pfeilers nach sagittal kann man durch entsprechende Konstruktion des Ansatzes ausgleichen. Denn so wie Bock seine Methode darstellt, dürfte ein erhebliches Kippmoment ausgelöst werden. Das können wir dadurch vermeiden, daß wir die Oberfläche des Ansatzes, auf dem die Gabel zu liegen kommt, senkrecht zur Längsachse des Zahnes modellieren; dann nur wird das schädliche Moment als weniger schädliches Schubmoment durch die Brücke auf die anderen Pfeiler übertragen.

Es sind hier ganz dieselben Verhältnisse wie bei der beweglichen Verankerung nach Boitel. Auch hier müssen wir auf die sagittale Komponente achten. Auf

den Vergleich mit dem Rollenlager im Brückenbau hat Köhler hingewiesen, wie oben schon angedeutet wurde. Das Rollenlager ist nur imstande, lotrechte Drucke aufzunehmen. Wir müssen also darauf achten, die Gleitebene senkrecht zur Längsachse des Zahnes anzulegen. Andernfalls wird ein Kippmoment auf den Pfeiler ausgelöst. Die horizontale Kaukraftkomponente kommt ja infolge der gelenkigen Verbindung auf den Pfeiler nicht zur Wirkung, sie muß also von dem festen Pfeiler mit aufgenommen werden. Das bedeutet aber, daß dieser Pfeiler imstande sein muß, außer seinem ursprünglichen Anteil an den Kaukraftwirkungen auch noch der gesamten horizontalen Komponente der Brücke Widerstand zu leisten. Dazu ist er natürlich nur fähig, wenn er selbst stark genug und die Brücke nicht allzu groß ist. Noch mehr wird der Pfeiler in Anspruch genommen, wenn das Gelenk des anderen kugelförmig ausgebildet ist. Dann addiert sich noch zu der vorigen Summe die transversale Komponente. Um beides wird der andere Stützzahn entlastet. Doch fragt Köhler mit Recht, ob dieser Vorteil und der der physiologischen Beweglichkeit — und wie leicht kann diese eine pathologische werden — nicht durch die geringere Stabilität und die Überbelastung in der Transversalen aufgehoben wird.

Literatur-Verzeichnis.

Adloff: Zweckmäßigkeiten des Gebisses.
Vierteljahrsschr. f. Zhlkde. 1921, Heft 3

Andresen: Die Artikulation der Kiefergelenke und der Zahnreihen.
Dtsche Monatsschr. f. Zhlkde. 1912, S. 895

Aschkowitz: Ueber Parallelitätsausgleich bei schiefstehenden Brükkenpfeilern.
Med. Dissert. Breslau 1920.

Bettinghaus: Brückenersatz bei schiefstehenden Pfeilern.
Dtsche Monatsschr. f. Zhlkde. 1911, S. 273

Bock: Die historische Entwicklung der Stiftzähne, Kronen und Brükkenarbeiten.
Dtsche Zhlkde., Heft 56.

Breuer: Die Gesetze des einarmigen Hebels, angewandt auf Bau und Funktion des menschlichen Unterkiefers.
Festschr. d. Vereins Oesterr. Zahnärzte. 1911.

Eckermann: Physiologische Bedeutung der Kieferbelastung und ihre Ermessung.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde. 1911, S. 681

Eichentopf: Ueber das Artikulationsproblem.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde. 1923, S. 1.

Fick: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke.
Jena 1911.

Frank: Eichentopf, Fehr, Balters-Montag.
Vierteljahrsschr. f. Zhlkde, 1923, Heft 2.

Fritsche: Beitrag zur Bewegung des Unterkiefers.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde 1923, S. 11.

Fritsch: Die Grenzen der festsitzenden Brückenarbeiten.
Vierteljahrsschr. f. Zhlkde, 1922, Heft 2.

Godon: Betrachtung über die mechanische Wirkung der Kiefer.
Zahnärztl. Orthopädie. 1907/08, Heft 10.

Köhler: Versuch, die Gesetze der Statik und Mechanik in die Betrachtung der Physiologie und Form des menschlichen Gebisses einzuführen.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde 1921, S. 726.

Morelli: Ueber Kaudruck.
Vierteljahrsschr. f. Zhlkde. 1920, Heft 4.
Müller: Ueber die Hebelverhältnisse des Unterkiefers.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde. 1912, S. 767.
„ Die Gewebsspannungen im Kieferknochen.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde 1915
Pfaff: Lehrbuch der Orthodontie.
Klinckhardt 1921, S. 124 ff.
Port-Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde.
Bergmann 1920.
Preiswerk: Zahnärztliche Technik.
Lehmann 1921 S. 185 ff.
Riechelmann: Systematische Prothetik.
Meußer 1920.
Richter: Ist der Unterkiefer ein einarmiger oder zweiarmiger Hebel?
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde. 1921, Heft 7.
Riegner: Lehrbuch der Kronen- und Brückenarbeiten.
Leipzig 1895.
Rumpel: Die Ausschaltung der schädlichen Kaudruckkomponenten.
Vierteljahrsschr. f. Zhlkde. 1922, Heft 4.
„ Die Wiederherstellung der normalen Okklusion.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde. 1914, S. 550.
Schau: Statik.
Teubner 1921.
Schenk: Stellungsanomalien und Brückenarbeiten.
Vierteljahrsschr. f. Zhlkde. 1923, Heft 1.
Simon: Grundzüge der Kronen- und Brückenarbeiten.
Meußer 1921.
Steinberg: Feste, abnehmbare und bewegliche Brücken.
Vierteljahrsschr. f. Zhlkde. 1922, Heft 1
„ Erfahrungen über bewegliche Brücken und eigenes System.
Dtsche Monatsschr. f. Zhlkde. 1923, S. 38.
Sudhoff: Geschichte der Zahnheilkunde.
Barth, Leipzig 1921.
Trost: Abschraubbare Brückenarbeiten.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde 1909, S. 889.
„ Grundzüge der Kronen- und Brückenarbeiten.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde. 1914, S. 680.
Villain: Der menschliche Kaumechanismus.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde. 1923. S. 543,
Walkhoff: Der menschliche Unterkiefer im Lichte der Entwicklungsmechanik.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde. 1900/01.

Weigele: Versuch, am Bau des Unterkiefers die Gesetze der Statik und Mechanik aufzufinden.
Korresp. Blatt f. Zahnärzte. 1921, Heft 4.

Winkler: Der funktionelle Bau des menschlichen Kieferapparates.
Dtsche. Zahnhlkde. Heft 55.

Winkler: Beitrag zur Kaumechanik.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde. 1922, S. 151.

Wustrow: Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Brückenprothese.
Meußer 1919.

Zielinski: Das Wachstum der Kiefer und Zähne und ihre Beziehung zur Kaufunktion.
Dtsche. Monatsschr. f. Zhlkde. 1908, S. 804.